

実験科学における単一被験体法適用の意義

杉 本 完 二

岡山大学文学部心理学教室

心理学・生理学・医学・生物学等実験科学の諸領域においては、従属変数に対する独立変数の効果を検出するにあたり、従来、推測統計学に基づく実験計画法である群間比較法 (group designs) が主に用いられてきた。しかし、この群間比較法には標本抽出に関して様々な前提条件 (後述) があり、それらが満たされない場合には、独立変数の効果の検出力は激減すると考えられた。そして、心理学を含む実験科学の諸研究では、群間比較法的前提条件を満たさないようなケースが多く出現するため、群間比較法の適用には疑問がもたれる。

ところが、近年、群間比較法的前提条件を全く必要とせず、少数の被験体で有効な効果を得られるとする新しい実験計画法として、単一被験体法 (single-subject design) が注目されつつある。本稿では、伝統的な群間比較法と比較しながら、単一被験体法について、その特徴、及び代表的なデザインを主に、Barlow & Hersen (1984)、岩本・川俣 (1990) に基づいて紹介する。

1. 群間比較法と単一被験体法

群間比較法とは、Fisher, R. A. によって完成された推測統計学に基づく実験計画法である。これは、未知の母集団から無作為に抽出した多数の被験体 (標本) を、ある独立変数が施される実験群とその独立変数が施されない統制群に無作為に振りわけ、それぞれの群で得られた測定結果に統計的処理 (平均値の差の検定等) を行うという計画法である。ここでは、独立変数の効果は代表値の群間差として検出される。

そして、このような群間比較法の妥当性を保証するためには、以下の前提条件を満たす必要がある。

- ①等質な標本が非常に多く必要とされる。
- ②それらの標本は無作為に抽出されねばならない。
- ③それらの標本は同一の母集団に属し、かつその分布は正規型である。
- ④各群の分散値には差がみられない。

一方、単一被験体法とは、Skinner, B. F. が創始したオペラント心理学の研究方法である実験的行動分析 (the experimental analysis of behavior) の具体的な分析方法として発展してきた。これは、同一の被験体を、ある独立変数が施される実験条件下とその変数が施されない統制条件下におき、両条件下における同一個体の結果をグラフ化し、視認 (visual analysis) によって比較する計画法である。ここでは、独立変数の効果は同一個体の条件差として検出される。また、この方法では、前述した群間比較法における前提条件は全く必要とされていない。

次に、両実験計画法のいくつかの特徴について、個別に検討する。

(1) 被験体数について：群間比較法では、母集団の特性を忠実に反映させるために、被験体の抽出数はできるだけ多いことが望ましい。一方、単一被験体法では、原理的には単一の被験体で独立変数の効果を検出できるが、結果を一般化するために、通常は2個体から5個体の被験体を用いる。

(2) 従属変数の測定法及び比較の方法について：群間比較法では、各群に割り当てられた多数の被験体に対して、基本的には同一の被験体は従属変数を1回測定されるだけであり、従って、測定値の個数は用いられた被験体数によって決定される。そして、多数個体の測定値から各群の代表値 (平均) を算出し、統計的検定によって群間比

較をして結論を出す。しかし、この多数個体の代表値は、あくまでも代表値という統計的「虚構」であって、そこから得られた結論は特定の個体には必ずしも当てはまらないといえる。

一方、単一被験体法では、同一の被験体に対して、時間経過にともなって何度も繰り返して従属変数を測定する。従って、得られた測定値の個数は実施された反復回数に依存する。そして、同一個体内で、独立変数が施された期間と施されない期間、それぞれから得られた測定値を比較して結論を導く。それゆえ、この計画法では、群間比較法におけるような統制群を設ける必要がない。

(3) 2次的変数の統制と内的妥当性について：独立変数以外の統制されていない変数で、従属変数に影響を及ぼす変数を2次的変数と呼ぶ。そして、この2次的変数を排除することによって、従属変数の変動を独立変数の操作にどの程度まで帰属させられるかという内的妥当性(internal validity)が高まる。

2次的変数の統制に関して、群間比較法では主に間接的な方法がとられる。すなわち、多数の被験体は無作為に抽出し、実験群と統制群に無作為に割り当て、各群の測定値から代表値を得ることで、各測定値のばらつきは相殺され、2次的変数が統制され则认为る。

一方、単一被験体法では、より直接的な方法で2次的変数を統制する。すなわち、独立変数が施されない期間に従属変数を繰り返し測定することによって、従属変数の変動に影響を及ぼす2次的変数を発見し、独立変数導入以前に除去するか、少なくとも、独立変数導入期間も一定の水準で保つようにする。また、同一個体における条件差を比較するので、被験体間の差に基づく2次的変数については考慮する必要がない。

(4) 評価法について：従属変数に対する独立変数の有効性を判断する際、群間比較法では、群間の差を明らかにするため、各群全ての被験体の測定値から代表値を算出し、推測統計学的検定によって結論を導く。一方、単一被験体法では、同一個体の条件間の差を明らかにするため、個体別に時間経過にそって測定値をグラフ化し、独立変数の効果を視覚的に判断する(視認)。

視認法を用いる際の基準を次に述べる。独立変数が施されない期間と施される期間において、従属変数としての測定値とその集合体であるレベルを比較する。そして、①変数操作に対応して測定値及びそのレベルに大きな変化がみられる。②その変化の大きさは両期間で安定している。③両期間の測定値及びレベルが示す傾向(勾配)に連続性がみられない。④独立変数の操作(導入及び除去)の時期と従属変数の変化の時期が時間的に接近して生じる。⑤独立変数の操作を繰り返す度に従属変数に変化がみられる。以上の基準を満たす程度が高いほど、視認法の有効性が高まると考えられる。

(5) 一般化と外的妥当性について：ある特定の研究によって得られた知見を、被験体、実験者、実験事態等の差異を越えて適用する過程を一般化と呼ぶ。そして、一般化された知見は、その程度を示す外的妥当性(external validity)が高いとされる。

群間比較法では、多数の被験体は無行為に抽出し、各群に無行為に割り当てるという実験計画法によって、被験体に関する一般化の問題を解決している。一方、単一被験体法では、被験体数を増やし、異なる被験体を用いて同一の手続きを反復する(直接的反復)ことで、被験体に関する一般化を行い、その後、実験者、実験事態等様々な要因についても、順次これを変化させる系統的反復を試みることで、得られた知見の一般化における外的妥当性をさらに高めることが可能となる。

2. 単一被験体法における基本的デザイン

ここでは、代表的な3つのデザインを紹介する。

(1) 除去法(withdrawal designs)

最も多く用いられるデザインであり、独立変数を導入しておいて次にそれを除去するという特徴を持つ。このデザインの基本型が、A—B—A法である。(例えば、杉本, 1984; 杉本・辻, 1985)。

A—B—A法は、独立変数を導入しないで従属変数(行動)を測定するベースライン期(A)と、独立変数を導入する実験期(B)を交互に実施するという方法である。第1ベースライン期から実験期への移行によって行動に変化がみられ、その後の第

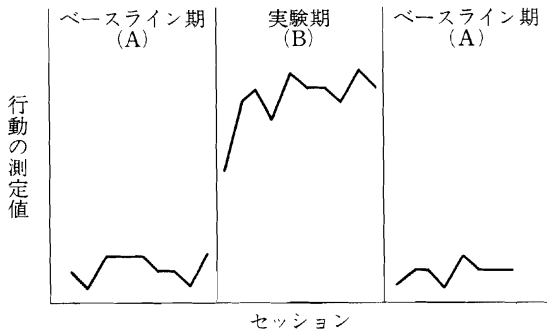


図1 除去後の仮想データ (小川ほか 1989より)

2 ベースライン期への移行によって行動の測定値が第1ベースライン期のレベルにもどれば、そこでの行動の変化は、2 次的変数の効果によるのではなく、独立変数の操作によって引き起こされたと考える (図1)。

A-B-A法の変形として、次のような方法が挙げられる。①A-Bのパターンを何度も反復する方法。例えば、A-B-A-B法、A-B-A-B-A-B法等 (Skinner, 1948) 等がある。②ベースライン期のパフォーマンスを基準にして複数の独立変数の効果を比較する方法。例えば、A-B-A-C-Aのようなデザインで、Aに対するB、Cという独立変数の効果を検討する。③A-B-A-B法をいろいろに変化させて、2つ以上の独立変数の交互作用を検討する方法。例えば、A-B-A-C-A-B・C-Aというデザインで、B、C両変数が同時に実施されるときの効果と、単独の効果とが比較される。④変動基準法 (changing-criterion design) と呼ばれるこの方法では、ベースライン期に続いて従属変数が一定の基準に達するまで独立変数を施す。そして、そこで到達したレベルを新しいベースライン (A') として次の達成基準を設定するというようにして、最終の基準に到達するまでこれを繰り返す。

これまで述べてきた除去法の中で、変動基準法を除く他の方法には、共通して主に2つの問題点がある。①独立変数の除去という操作が前提であるため、独立変数が従属変数に対して不可逆的な効果をもたらす場合には適用できない。②臨床場面や応用場面に適用する場合、実験期にみられた従属変数の変化が「望ましい」ものであれば、そ

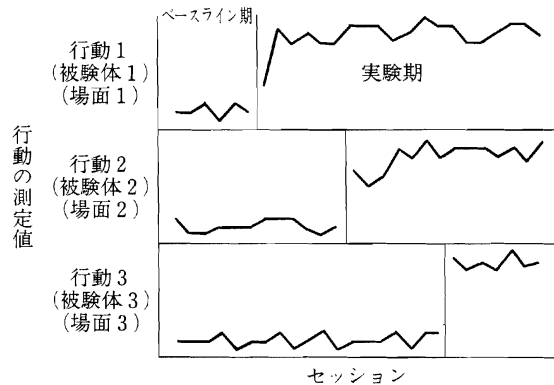


図2 多層ベースライン法の仮想データ (小川ほか 1989より)

の効果を除去するのは倫理的に好ましくないという批判を受ける。

(2) 多層ベースライン法 (multiple baseline designs)

導入された独立変数を除去するという手続きをもたない実験計画の1つである。これは、複数の行動、被験体、事態のいずれかに対して、ベースラインの測定に続いて時期をずらして順次同一の独立変数を導入していくという方法である (図2)。

a. 行動間多層ベースライン法 (multiple baseline across behaviors design)

同一被験体、同一事態において、複数の独立した行動に対して同一の独立変数を施す。まず、すべての行動のベースラインを測定し、その後、他の行動についてはベースラインの測定を続行したまま、行動1に対して独立変数を導入し、この行動がベースラインと異なる水準で安定した時点で行動2に独立変数を導入する。そして行動2が安定したら、行動3に独立変数を導入する。このように、すべての行動に対して順次独立変数を導入していくことで、実験期に入った行動のみが特異的に変化し、他の行動に影響がなければ、その行動の変化は2 次的変数によって生じたものではなく、独立変数の操作によってもたらされたと考えられる (例えば、Alford, Wibster, & Sanders, 1980)。

b. 被験体間多層ベースライン法 (multiple baseline across subjects design)

同一の行動、同一事態において、複数の独立な

被験体に対して同一の独立変数を施す方法である（例えば、Jones, Kazdin, & Haney 1981）。

c. 事態間多層ベースライン法（multiple baseline across settings design）

同一の行動，同一の被験体において，複数の独立した事態で同一の独立変数を施す方法である。

（例えば、Fairbank & Keane, 1982）。

これまで述べてきた多層ベースライン法には次のような利点がある。①導入された独立変数を除去するという手続きを含んでいないため，除去法にみられた2つの問題点をもたない。つまり，独立変数が従属変数に不可逆的な効果をもたらす場合にも適用でき，また，独立変数の効果を除去することに関する倫理的な批判も当てはまらない。②複数の行動，被験体，事態が観察の対象となるため，単一の実験で結果の一般性もある程度保証できる。

しかし，その反面，多層ベースライン法には，次のような問題点が挙げられる。①行動間，被験体間，事態間の独立性を前提とするため，それらの間に相互依存関係が認められる場合には適用できない。②独立変数の導入がデザイン上必然的に遅延されるベースラインが出てくることになるため，ア）長期間に渡るベースライン期が，従属変数の遂行になんらかの影響をもたらす可能性がある。イ）臨床場面において，有効であるかもしれない独立変数が長期間保留されるという倫理的な問題が生じる。③実験期後のベースラインが特定の行動，被験体，事態について実際に再現されるのではなく，あくまでも他の行動，被験体，事態のベースラインから，独立変数の有効性が検出されるため，2次的変数の統制は除去法ほど厳格でない。

(3) 条件交替法（alternating treatment designs）

複数の独立変数の効果を比較することを目的とする実験計画の1つである。この方法では，単一の被験体において，複数の独立変数をその順序を不規則に変えながら頻繁に交替導入し，変数の効果を比較する（例えば，Bittle & Hake, 1977）。図3では，独立変数として2つの変数（1，2）を2-1-2-2-1-1-1-2-1-2-1

-2-1-1-2-2-2-1-2-1といった不規則な順序で導入し，2つの変数のもとで得られた測定値をそれぞれ変数ごとにつなぎ合わせて示すことで，2つの変数の効果の差を明らかにしている。

条件交替法の利点は次の通りである。①複数の独立変数の効果を比較する際，独立変数の除去を必要としないため，前述した除去法の変形であるA-B-A-C-Aのようなデザインに比べて短い期間で結論を出すことができる。②独立変数が不規則に交替するので，導入順序のような2次的変数の効果を統制できる。しかし，こうした利点がある反面，この条件交替法においては，独立変数の交替頻度が高いために，変数間に相互干渉が生じてしまうという問題点が残る。

3. おわりに

実験計画法は，独立変数と従属変数の関係について，有効な結論を得るために必要なものである。本稿では，実験科学における計画法として，群間比較法と単一被験体法をとりあげ，それぞれの特徴について検討してきた。残念ながら現時点では，どちらの計画法も完全なものとはいいがたい。従って，研究者は，自己の研究目的及び研究事情に応じてより適切な計画法を選択するのが望ましい。単一被験体法は，被験体の抽出に関して，群間比較法のような前提条件を必要としない計画法であるため，比較的少数の被験体しか得られないケースにおいても有効な結論を導くことができる。今後，心理学を含む実験科学の諸領域において，単

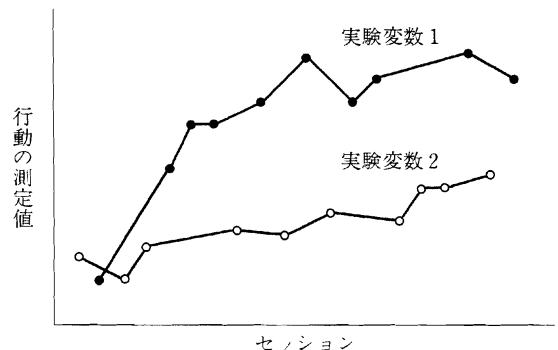


図3 条件交替法の仮想データ（小川ほか 1989より）

一被験体法の一層の適用を期待する。

文 献

- 1) Alford, G. S., Webster, J. S., & Sanders, S. H. 1980 Covert aversion of two interrelated deviant sexual practices : Obscene phone calling and exhibitionism. A single case analysis. Behavior Therapy, 11, 15-25.
- 2) Barlow, D. H. & Hersen, M. 1984 Singlecase experimental designs—Strategies for studying behavior change— (2nd ed.) . Pergamon. 高木俊一郎, 佐久間徹 (監訳) 1988 一事例の実験デザイン, 二瓶社.
- 3) Bittle, R., & Hake, D. F. 1977 A multielement design model for component analysis and cross-setting assessment of a treatment package. Behavior Therapy, 8, 906-914.
- 4) Fairbank, J. A., & Keane, T. M. 1982 Flooding for combat-related stress disorders : Assessment of anxiety reduction across traumatic memories. Behavior Therapy, 13, 499-510.
- 5) 岩原信九郎 1957 教育と心理のための推計学 (新版), 日本文化科学社.
- 6) 岩本隆茂, 高橋雅治 1988 オペラント心理学 —その基礎と応用—, 勁草書房.
- 7) 岩本隆茂, 川俣甲子夫 1990 シングル・ケース研究法 —新しい実験計画法とその応用—, 勁草書房.
- 8) Jones, R. T., Kazdin, A. E., & Haney, J. I. 1981 A follow-up to training emergency skills. Behavior Therapy, 12, 716-722.
- 9) Neale, J. M. & Liebert, R. M. 1986 Science and behavior—An introduction to methods of research — (3rd ed) . Prentice-Hall.
- 10) 小川隆 (監修) 杉本助男, 佐藤方哉, 河嶋孝 (共編) 1989 行動心理ハンドブック, 倍風館.
- 11) Skinner, B. F. 1948 “Superstition” in the pigeon. Journal of Experimental psychology, 38, 168-172.
- 12) Skinner, B. F. 1956 A case history in scientific methods. American Psychologist, 11, 221-223.
- 13) Skinner, B. F. 1966 Operant behavior. In W. K. Honig (Ed.) , Operant behavior : Areas of research and application. New York : Appleton-Century-Crofts. 12-32.
- 14) 杉本完二 1984 FT スケジュールにおけるラットの行動の時間的分析, 動物心理学年報, 34, 35.
- 15) 杉本完二, 辻敬一郎 1985 FT スケジュールにおけるラットの行動の時間的分析 (II) 動物心理学年報, 35, 56.
- 16) 杉本完二, 辻敬一郎 1986 ラットの行動の時系列的分布 — VT 及び FT スケジュールを用いて—, 日本心理学会第50回大会発表論文集, 316.